

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

C22C 38/12

C21D 8/04



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01137026.2

[43] 公开日 2003 年 4 月 23 日

[11] 公开号 CN 1412333A

[22] 申请日 2001.10.19 [21] 申请号 01137026.2

[71] 申请人 住友金属工业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 野村茂树 中川浩行 中泽嘉明

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 王 杰

权利要求书 3 页 说明书 17 页

[54] 发明名称 具有优异的可加工性和成型精度的
薄钢板及其制造方法

[57] 摘要

一种形成高强度薄钢板的钢，含有用质量%表示：
C：最多 0.04%，Si：最多 0.4%，Mn：0.5 - 3.0%，
P：最多 0.15%，S：最多 0.03%，Al：最多 0.50%，
N：最多 0.01% 和 Mo：0.01 - 1.0%。
用这种钢形成的薄钢板适用于汽车车身外板。

ISSN 1008-4274

1. 一种钢, 含有: 用质量%表示,
C: 最多 0.04%, Si: 最多 0.4%, Mn: 0.5 - 3.0%, P:
最多 0.15%, S: 最多 0.03%, Al: 最多 0.50%, N: 最多 0.01%
和 Mo: 0.01 - 1.0%.
2. 一种根据权利要求 1 的钢, 还含有下列元素的至少一种: Cr:
小于 1.5%, Ti: 最多 0.15%, Nb: 最多 0.15% 和 B: 最多 0.01%.
3. 一种根据权利要求 1 的钢, 具有一种金属组织, 该组织含有体
积比至少 0.5% 并小于 10% 的残留奥氏体, 其余为铁素体与贝氏体和马
氏体中的至少一种的硬质相的复相组织.
4. 一种根据权利要求 2 的钢, 具有一种金属组织, 该组织含有体
积比至少 0.5% 并小于 10% 的残留奥氏体, 其余为铁素体与贝氏体和马
氏体中的至少一种的硬质相的复相组织.
5. 一种用根据权利要求 1 的钢形成的高强度冷轧薄钢板.
6. 一种用根据权利要求 2 的钢形成的高强度冷轧薄钢板.
7. 一种用根据权利要求 3 的钢形成的高强度冷轧薄钢板.
8. 一种用根据权利要求 4 的钢形成的高强度冷轧薄钢板.
9. 一种根据权利要求 5 的高强度冷轧薄钢板, 其中, 在垂直于轧
制方向的方向的拉伸试验中, 屈服点最大为 300MPa, 具有 2% 预应变的
加工硬化量和 BH 量都是至少 30MPa, 屈服比最大为 75%.
10. 一种根据权利要求 6 的高强度冷轧薄钢板, 其中, 在垂直于
轧制方向的方向的拉伸试验中, 屈服点最大为 300MPa, 具有 2% 预应变
的加工硬化量和 BH 量都是至少 30MPa, 屈服比最大 75%.
11. 一种高强度镀锌薄钢板, 其中, 在根据权利要求 5 的高强度
冷轧薄钢板上提供锌镀层.
12. 一种高强度镀锌薄钢板, 其中, 在根据权利要求 6 的高强度
冷轧薄钢板上提供锌镀层.
13. 一种制造高强度镀锌薄钢板的方法, 包括: 铸造根据权利要

求 1 的钢的扁坯，直接或者在加热到最高 1300 °C 之后进行热粗轧，直接或者在重新加热后或保温之后开始热精轧，在至少 780 °C 完成精轧，以至少 3 °C/秒的平均冷却速度冷却到 750 °C 或以下的温度后进行卷取，任选地直接或者在去除氧化皮后进行冷轧，加热到至少 700 °C 的退火温度，然后以至少 3 °C/秒的平均冷却速度冷却到 600 °C 或以下的温度，然后在 450 - 600 °C 的温度范围保温至少 10 秒，在冷却后进行热浸镀锌，然后任选地进行合金化。

14. 一种制造高强度镀锌薄钢板的方法，包括：浇铸根据权利要求 2 的钢的扁坯，直接或者在加热到最高 1300 °C 之后进行热粗轧，直接或者在重新加热后或保温之后开始热精轧，在至少 780 °C 完成精轧，以至少 3 °C/秒的平均冷却速度冷却到 750 °C 或以下的温度后进行卷取，任选地直接或者在去除氧化皮后进行冷轧，加热到至少 700 °C 的退火温度，然后以至少 3 °C/秒的平均冷却速度冷却到 600 °C 或以下的温度，然后在 450 - 600 °C 的温度范围保温至少 10 秒，在冷却后进行热浸镀锌，然后任选地进行合金化。

15. 一种制造高强度薄钢板的方法，包括：浇铸根据权利要求 1 的钢的扁坯，直接或者在加热到最高 1300 °C 之后进行热粗轧，直接或者在重新加热后或保温之后开始热精轧，在至少 780 °C 完成精轧，以至少 3 °C/秒的平均冷却速度冷却到 750 °C 或以下的温度后进行卷取，任选地直接或者在去除氧化皮后进行冷轧，加热到至少 700 °C 的退火温度，然后以至少 3 °C/秒的平均冷却速度冷却到 600 °C 或以下的温度，然后在 250 - 600 °C 的温度范围保温至少 10 秒，然后冷却。

16. 一种制造高强度薄钢板的方法，包括：浇铸根据权利要求 2 的钢的扁坯，直接或者在加热到最高 1300 °C 之后进行热粗轧，直接或者在重新加热后或保温之后开始热精轧，在至少 780 °C 进行精轧，以至少 3 °C/秒的平均冷却速度冷却到 750 °C 或以下的温度后进行卷取，任选地直接或者在去除氧化皮后进行冷轧，加热到至少 700 °C 的退火温度，然后以至少 3 °C/秒的平均冷却速度冷却到 600 °C 或以下的温度，然后在 250 - 600 °C 的温度范围保温至少 10 秒，然后冷却。

17. 一种制造高强度镀锌薄钢板的方法，包括用以锌作为主要成分的金属或合金电镀根据权利要求 15 的方法获得的薄钢板的表面。

具有优异的可加工性和成型精度的薄钢板及其制造方法

技术领域

本发明涉及高强度冷轧薄钢板和高强度镀锌薄钢板,适用于例如汽车车身外板等部件,这些部件要求有良好的外观、良好的可加工性和良好的成型精度,即保型性。本发明还涉及制备这种薄钢板的钢和制备这种薄钢板的方法。

相关技术的叙述

汽车车身外板和汽车的其它外部部件要求具有优异的外观和优良的使用例如耐冲击性表示的强度。这种车身外板外观上的瑕疵的主要原因是由于冲压后的弹性恢复引起的表面应变。因此,具有低屈服强度的材料适用于这种车身外板。但是,如果车身外板成型后的屈服强度太低,车身外板的耐冲击性差,并且当车身外板用手指按压时留下凹痕。

日本公开未审专利申请 Hei 2-111841(1990)公开一种薄钢板,在成型时柔软,在成型后的烘烤加工时屈服应力增大。然而,由于薄钢板应变时效性能的恶化,薄钢板的屈服应力增大的程度有实际上的限制。

已知复相组织薄钢板具有良好的应变时效性能和良好的烘烤硬化性。日本公开未审专利申请 Hei 4-173945(1992)公开了一种制造这种薄钢板的方法。但是,为了制造具有复相组织的薄钢板,必须加入大量的 C 或 Mn,所以,薄钢板的屈服强度变得太高,难以在汽车车身外板中使用这种薄钢板。

日本公开未审专利申请 No. 2000-109965 公开一种具有复相组织和低屈服强度的薄钢板的制造方法。然而,该薄钢板 r 值低,所以,在可成型性方面不能完全令人满意。

本发明概述

本发明提供一种适用于形成冷轧薄钢板和镀锌薄钢板的钢，具有在室温下经历时效的能力(应变时效)、良好的成型精度、良好的耐冲击性、和良好的压制成型性，可以应用于汽车的外部部件。本发明还提供制造该薄钢板的方法。

例如，在日本公开未审专利申请 Hei 11-131145(1999)中已经公开了通过使奥氏体残留改进具有复相组织的薄钢板的成型性能的方法。然而，根据其公开的内容，为了获得残留的奥氏体，必须加入大量的 Si 或 Al。在使贝氏体量非常大的方法中，屈服强度变得太高，容易出现拉伸应变纹，所以，所得的薄钢板不适用于汽车车身外板的应用。此外，如果 Si 的量太高，在热浸镀锌过程中，在制造时的润湿性和进行镀锌后扩散退火(合金化处理)能力方面存在问题。

本发明人发现向 C 量减少的钢中加入适量的 Mo，在垂直于轧制方向上的薄钢板拉伸过程中，实现了适用于汽车车身外板的最大 300Mpa 的低屈服点。而且发现，通过在退火后把这种钢保持在规定的温度范围内，保留了适量的奥氏体。通过形成基本为铁素体和贝氏体/马氏体硬质相和残留奥氏体的金属组织，可以保证足够的可加工性，而不降低应变时效性能。

根据本发明的一种形式，用于形成高强度薄钢板的钢含有(用质量 %表示): C: 最多 0.04%, Si: 最多 0.4%, Mn: 0.5 - 3.0%, P: 最多 0.15%, S: 最多 0.03%, Al: 最多 0.50%, N: 最多 0.01% 和 Mo: 0.01 - 1.0%。

所述钢还含有下列元素的至少一种: Cr: 小于 1.5%, Ti: 最多 0.15%, Nb: 最多 0.15% 和 B: 最多 0.01%。

在优选的实施方案中，所述钢的金属组织为含有体积比至小 0.5% 并小于 10% 的残留奥氏体，其余为铁素体与贝氏体和马氏体中的至少一种的硬质相的复相组织。

所述钢可以成型为适用于汽车车身外板的高强度冷轧薄钢板。在优选的实施方案中，在垂直于冷轧薄钢板的轧制方向上进行的拉伸试

验中, 屈服点最大为 300Mpa, 具有 2%预应变的加工硬化量和 BH 量都是至少 30Mpa, 屈服比至多 75%。

该冷轧薄钢板可以通过各种镀敷方法涂敷锌, 形成镀锌薄钢板。

根据本发明的另一种形式, 制造高强度镀锌薄钢板的方法包括铸造上述钢的扁坯, 直接热粗轧或者在加热到最高 1300°C 后进行热粗轧, 直接或在重新加热后或保温后开始热精轧, 在至少 780°C 的温度下完成精轧。以至少 3°C/秒的平均冷却速度冷却到 750°C 或 750°C 以下后进行卷取, 任选地直接或者在去除氧化皮后进行冷轧, 加热到至少 700°C 的退火温度, 以至少 3°C/秒的平均冷却速度冷却到 600°C 或 600°C 以下, 在 450 - 600°C 的温度范围保温至少 10 秒, 冷却后进行热浸镀锌, 然后任选地进行合金化。

根据本发明的另一种形式, 制造高强度薄钢板的方法包括铸造上述钢的扁坯, 直接或者在加热到最高 1300°C 后进行热粗轧, 直接或在重新加热后或保温后开始热精轧, 在至少 780°C 的温度完成精轧, 以至少 3°C/秒的平均冷却速度冷却到 750°C 或 750°C 以下后进行卷取, 任选直接或者在去除氧化皮后进行冷轧, 加热到至少 700°C 的退火温度, 然后以至少 3°C/秒的平均冷却速度冷却到 600°C 或 600°C 以下, 在 250 - 600°C 的温度范围保温至少 10 秒, 然后冷却。如果需要, 所得的薄钢板可以电镀一种金属或以锌作为主要成分的合金, 获得高强度镀锌薄钢板。

优选的实施方案的描述

根据本发明的钢可以用来形成冷轧薄钢板, 或者是由冷轧薄钢板或热轧薄钢板形成的镀锌薄钢板。在本发明中, 可以用任何类型的 Zn 基镀覆方法。可以通过各种制造方法, 如热浸镀、电镀、气相沉积镀和火焰喷涂, 来生产根据本发明的镀锌薄钢板。镀层组成, 例如, 可以是纯 Zn; Zn 作为主要成分的组合物, 如 Zn-Fe、Zn-Ni、Zn-Al、Zn-Mn、Zn-Cr、Zn-Ti、或 Zn-Mg; 或者它可以是含有用于改善耐腐蚀性或其它性质的一种或多种合金化元素和杂质元素的组合物, 如 Fe、Ni、Co、

Al、Pb、Sn、Sb、Cu、Ti、Si、B、P、N、S、或O。此外，可以在镀层内分散有细陶瓷颗粒如 SiO_2 或 Al_2O_3 ，氧化物如 TiO_2 或 BaCrO_4 ，或有机聚合物如丙烯酸类树脂。在镀层的厚度方向上，镀层可以具有均匀的组成，或者组成可以连续变化或逐层连续变化。对于多层镀薄钢板，最外层的镀层组合物可以是纯 Zn、或锌作为主要成分的组合物，如 Zn-Fe、Zn-Ni、Zn-Al、Zn-Mn、Zn-Cr、Zn-Ti、或 Zn-Mg，它还可以包含用于改善如耐腐蚀性等性能的一种或多种合金化元素或杂质元素，如果有必要，可以在镀层内分散细小陶瓷颗粒如 SiO_2 或 Al_2O_3 ，氧化物如 TiO_2 或 BaCrO_4 ，或有机聚合物如丙烯酸类树脂。

镀覆薄钢板的一些实例是热浸镀锌薄钢板；汽相沉积镀锌薄钢板；铁-锌合金热浸镀锌薄钢板；热浸镀锌薄钢板，其中镀层是一种以锌为主要成分的与铝、铁等的合金；热浸镀锌后经合金化处理的薄钢板，其中在镀层截面方向的下层是合金化的（一般称为半合金）；一面是热浸镀锌后经合金化处理的镀层（铁和锌的合金），另一面是热浸镀锌层的镀层薄钢板；一种薄钢板，其中，通过电镀、气相沉积镀等在上述镀层之一上面镀覆锌镀层或锌作为主要成分并含有铁或镍的镀层；电沉积镀锌薄钢板；镀有锌、镍、铬等的合金的电镀薄钢板；具有单一合金层或多个合金层的电镀薄钢板；或者通过锌或含锌金属的气相沉积镀覆的薄钢板。此外，它可以是一种其中在锌或锌合金镀层中分散有陶瓷细颗粒（如 SiO_2 或 Al_2O_3 ），细氧化物颗粒如 TiO_2 或 BaCrO_4 ，或有机聚合物的镀覆薄钢板。

下面将详细描述对根据本发明的薄钢板组成限制和对根据本发明的薄钢板制造条件限制的原因。在提到钢组成时，除非另外说明，否则，%表示“质量%”。

(A) 钢组成

C：为了获得复相组织和残留的奥氏体，C是必须的。然而，如果C含量大于0.04%，薄钢板的屈服强度变得太高，不适用于汽车车身外板。因此，碳含量最高0.04%，优选的是最少0.001%，更优选的是最少0.005%，仍然更优选的是最少0.01%。

Si: Si 对于提高强度是有效的,但是它引起韧性降低和表面质量的恶化。此外,它稳定奥氏体,所以,残留的奥氏体含量增大。在镀锌薄钢板的制造过程中, Si 降低镀层的润湿性并阻碍镀锌后扩散退火处理(合金化处理)。因此, Si 含量的上限为 0.4%。该上限优选的是 0.2%,更优选的是 0.1%。

Mn: 为了获得复相组织,加入至少 0.5%的 Mn 是必须的。然而,如果 Mn 含量超过 3.0%,薄钢板的屈服强度变得太高,变得不适用于汽车车身外板。因此, Mn 含量为 0.5-3.0%。优选的是 Mn 含量为 1.0-2.0%。

P: P 对于提高强度是有利的,但是,大量 P 的加入会降低可焊性。因此, P 含量的上限为 0.15%。P 含量更优选的是小于 0.05%。降低可焊性的 P 和 C 的总量优选的是小于 0.08%,更优选的是小于 0.05%。

S: S 引起热脆化并降低表面质量,所以它是一种不需要的元素。所以,其含量优选的是尽可能低, S 含量最高为 0.03%。

N: N 迅速扩散,所以,它对室温时效引起的性能恶化有很大影响。因此,优选 N 含量低,上限为 0.01%。

Al: 在制备钢水时为了进行脱氧而加入 Al。然而,当加入大量的 Al 时, Al 的作用达到饱和,只提高成本而没有性能的相应改进,所以, Al 含量上限为 0.50%。优选的是 Al 含量最多 0.10%。Al 还有通过形成氮化物降低固溶 N 的量的作用,所以,优选的是加入至少 0.005%的铝。

Mo: 在本发明中,通过加入至少 0.01%的 Mo,可以获得具有适用于汽车车身外板的低屈服强度的含有残留奥氏体的复相组织薄钢板。然而,如果 Mo 含量超过 1.0%,薄钢板的屈服强度变得太高,所以,上限为 1.0%。因此, Mo 的加入量为 0.01-1.0%,优选的是 0.1-0.6%。

B: B 具有通过形成氮化物降低固溶 N 的作用,所以,如果有必要可以加入。然而,在加入大量 B 时, B 的作用达到饱和,只增大成本而没有相应的性能改善,所以,上限为 0.01%。

Cr: Cr 促进复相组织的形成,所以,如果有必要可以加入。然而,当加入 1.5%或更多时,其作用达到饱和,所以, Cr 含量小于 1.5%。

优选的是小于 1.0%。

Ti: Ti 具有固定 N(它促进时效劣化)的作用, 所以, 如果有必要可以加入 Ti。然而, 当 Ti 含量超过 0.15%, 存在由于沉淀硬化产生的屈服点提高的问题。因此, Ti 含量最多 0.15%。优选的是最多为 0.03%。

除了上述元素之外的元素, 在不引起本发明试图改善的那些性能恶化的范围内是允许添加的。例如, 可添加 Cu、Ni 等每种用量最多 0.1%, Nb 的用量最多 0.15%是可添加的, V、Ca、Sn、Sb 等每种用量最多 0.03%是可添加的。

(B) 金属组织

在一个优选的实施方案中, 根据本发明的钢的金属组织含有体积比(下面的关于金属组织的“%”是指体积比)至少 0.5%并小于 10%的残留奥氏体。通过残留奥氏体的 TRIP(相变诱导塑性)效应提高延伸率, 可以解决复相组织薄钢板的低 r 值和可成型性差的问题。为了获得这种效果, 残留奥氏体的量至少为 0.5%是必须的。从 TRIP 效应获得了高的加工硬化度, 所以, 具有 2%预应变的加工硬化量(这对耐冲击性是有效的)也高。然而, 如果该体积比为 10%或更高, 过分地获得了由于加工硬化量大产生的大应变, 强度变得太高, 延展性降低, 所以, 容易发生降低表面质量的屈服点伸长(YPE)。优选的是, 残留奥氏体的体积比在 0.5 - 5%范围内, 更优选的是 0.5 - 4%。

在该优选实施方案中, 希望金属组织其余部分是铁素体和硬质相的复相组织。硬质相优选具有维氏硬度至少 200HV, 并且它是贝氏体和/或马氏体, 但是优选的是主要为马氏体。

通过形成铁素体和硬质相的复相组织, 可以获得高强度冷轧薄钢板或高强度镀锌薄钢板, 其在垂直于轧制方向的方向上的拉伸过程中, 屈服点为最大 300MPa, 具有 2%预应变的加工硬化(WH)和 BH 各至少 30MPa, 以及屈服比最大为 75%, 并且具有优异的应变时效性能和优异的可成型性和保型性。优选的是, 屈服点最大为 280MPa, 抗拉强度最大为 510MPa, WH 量至少 50MPa, BH 量至少 50MPa, 更优选的是屈服点最大为 250MPa。

(C) 热轧条件

直接在连铸后或者在加热到最高 1300°C 的温度或者在铸扁坯温度保温后开始热粗轧。在热粗轧完成后，立即在粗轧后或者必要时在进行棒毛坯再加热后或进行保温后开始精轧。精轧在至少 780°C 的温度下完成，在以至少 3°C/秒的平均速度冷却到 750°C 后进行卷取。

通过连铸制造的扁坯的热粗轧可以在高温直接开始，或者在加热到最高 1300°C 后或者在保温后开始轧制。在进行加热或保温时，为了粗化沉淀物并提高 r 值，温度至多为 1300°C。降低温度是优选的，优选的是最高 1200°C，更优选的是最高 1100°C。

在粗轧完成后，开始精轧，在至少 780°C 的精轧温度下完成轧制。如上所述，如果降低扁坯加热温度，难以保持精轧温度。为了避免这个问题，在开始精轧之前，重新加热或保温全部或部分棒毛坯是非常有效的。作为加热或保温的方法，棒毛坯可以卷取成卷材的形状并放在炉内，或者可以通过棒毛坯加热器来加热棒毛坯，该加热器利用感应加热来加热棒毛坯，可以用气体燃烧炉加热棒毛坯，或者可以使用导电加热的方法，其中，电流直接通过棒毛坯。特别优选的是使用棒毛坯加热器。

在精轧之前，有利的是把多个棒毛坯连在一起，然后进行连续轧制，因为可以在短时间内高速进行轧制，而不会过分降低速度。

如果精轧温度低于 780°C，在这种热轧薄钢板中，不合适的织构量增大，最终产品的 r -值降低，这是不希望的。优选的是，精轧温度至少为 820°C，更优选的是至少 850°C。

在精轧后，以至少 3°C/秒的平均冷却速度冷却到 750°C 或以下，然后进行卷取。为了使铁素体晶粒细化，以至少 3°C/秒快速冷却到 750°C 或更低。如果晶粒粗化，退火后，碳化物容易析出，不能获得残留奥氏体和贝氏体或马氏体的硬质相。为了使晶粒细化或者获得贝氏体组织，冷却速度优选的是 10°C/秒或更高，卷取温度优选的是 300 - 600°C，更优选的是 400 - 550°C。

(D) 退火条件

在热轧后, 进行氧化皮 (scale) 的去除, 如果必要, 进行冷轧。通常通过酸洗去除氧化皮。在去除氧化皮之前或之后, 通过表面光轧或者用矫平机进行矫平。

可以用常规的方法进行冷轧。压下量优选的是至少 40%, 因为这提供了合适的结构。

在冷轧后, 通过连续退火或用连续热浸镀锌线进行退火。通过加热到至少 700°C, 通常加热到至少 720°C (这高于 A_{c1} 点) 进行退火。为了充分保证硬质相, 以防止应变时效性能恶化, 退火温度优选的是至少 780°C, 更优选的是至少 820°C。

在退火后, 在至少 3°C/秒的平均冷却速度冷却到 600°C 或以下的温度后, 在 250 - 600°C 范围内保温至少 10 秒是重要的。如果冷却速度小于 3°C/秒, 那么, 在冷却过程中, 奥氏体可分解成珠光体或渗碳体, 所以, 不能获得具有令人满意的室温时效性能的复相组织。优选的是, 冷却速度为 8 - 120°C/秒。在冷却后, 在 250 - 600°C 范围内保温至少 10 秒是重要的。由于这种保温, 奥氏体不会分解成渗碳体, 并且奥氏体被奥氏体稳定元素 (如 C) 的富集稳定。优选的是在 300 - 600°C 的温度范围内保温 10 - 18 秒, 更优选的是在 450 - 600°C 范围内保温 10 - 60 秒。

在制造热浸镀锌薄钢板时, 如果保温温度低于 450°C, 必须进行再加热, 这是不希望的, 所以保温温度优选的是 450 - 600°C。

在进行保温时, 可以在恒温下保温, 或者在保温时以最大 2°C/秒的速度降低温度。

在保温后, 可以如此或在进行热浸镀锌之后或者在进一步进行铅-锌合金化处理即镀层扩散退火之后, 以至少 3°C/秒的速度冷却薄钢板。如果冷却速度小于 3°C/秒, 在冷却过程中奥氏体分解成珠光体或渗碳体, 不能获得具有良好应变时效性能的复相组织。

然后, 为了调节表面粗糙度或者进行矫平, 可以进行表面光轧, 压下量最大 2.0%。在保温后已经冷却的薄钢板可以用主要含锌的镀层进行表面电镀。可以在镀锌薄钢板上形成润滑转化涂层或涂油。从滑

动性能来看, 表面粗糙度优选的是平均表面粗糙度 Ra 最大 1.2 微米, 更优选的是最大 1.0 微米。

实施例

下面, 将利用以下实施例更详细地描述本发明的效果。

实施例 1

在该实施例中, 在实验室中熔化具有表 1 所示化学组成的钢, 并制造厚度为 80mm 的扁坯。

所得的扁坯在表 2 所示的条件下热轧到 3mm 厚。在热轧过程中的粗轧包括以各道次间至少 5 秒的间隔进行四个道次轧制, 达到 30mm 的厚度, 来模拟制造棒毛坯的方法。以各道次间最多 5 秒的间隔进行三个道次轧制来进行精轧, 来制造热轧薄钢板。对于部分实施例, 为了使精轧进口侧的温度高于粗轧出口侧的温度, 棒毛坯进行最多 60 秒的感应加热。在精轧后, 通过水喷射进行冷却, 达到对应于卷取的温度, 把薄钢板放在卷取温度下的炉内, 炉子以 20°C/小时的速度冷却到 300°C 或更低, 来模拟卷取。

在从薄钢板表面除去氧化皮后, 在必要的情况下进行冷轧, 在表 2 所示的连续退火条件下或者热浸镀锌条件下进行退火后, 进行表面光轧。热浸镀锌后的合金化处理(镀层扩散退火)在 500°C 进行 30 秒。在连续退火条件下进行退火时, 所得的冷轧薄钢板表面电镀锌镀层。

从每种钢中取出试样, 进行下列试验。

对于在垂直于轧制方向的方向上从每种钢中取出的 JIS#5 拉伸试样, 研究拉伸性能。测量了具有 2%预应变的加工硬化(WH)量和在 2%预应变后的应力与在 170°C 加热 20 分钟后的屈服点之间的应力差(BH)。

在 70°C 热处理 14 天, 基于 YPE 和热处理后的 YPE, 基于热处理前后的延伸率降低, 评价应变时效性能的降低。

使用奈塔尔硝酸乙醇腐蚀液腐蚀金属组织, 然后用光学显微镜和 SEM 观察试样的表面。在金属组织确定困难时, 用 TEM 进行观察。在

薄钢板厚度的四分之一处，用 X 射线测量残留奥氏体的量。

结果表示于表 3。如表 3 所示，本发明的钢的 YPE 最大 300MPa 并具有良好的室温时效性能，在 70°C 时效 14 天后 YPE 降低最大为 0.3%，延伸率降低最大为 2%。WH 和 BH 的量都高，且耐冲击性优异。

试验 21 的点焊性差，因为 P 含量太高。

表 1

钢 类型	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Mo	Cr	其它	备注
A	0.023	0.03	1.35	0.011	0.0021	0.034	0.0026	0.21	0.65		本发明
B	0.018	<0.01	1.45	0.021	0.0086	0.023	0.0032	0.32	0.39		
C	0.039	0.06	1.06	0.032	0.0008	0.062	0.0028	0.18	0.63		
D	0.026	0.32	1.21	0.008	0.0042	0.051	0.0032	0.26	0.48		
E	0.034	0.06	1.81	0.009	0.0019	0.032	0.0012	0.18	0.21		
F	0.024	0.04	1.38	0.031	0.0106	0.21	0.0092	0.19	0.53		
G	0.026	0.01	1.34	0.009	0.0023	0.043	0.0013	0.56	—		
H	0.021	0.01	1.34	0.008	0.0021	0.044	0.0026	0.19	0.42	B:0.0009	
I	0.032	0.03	1.60	0.008	0.0030	0.040	0.0051	0.22	0.40	Ti:0.021	
J	0.007	0.01	1.65	0.022	0.0032	0.043	0.0036	0.18	0.31	B:0.0008	
K	0.064*	0.01	1.21	0.018	0.0023	0.024	0.0021	0.21	0.64		对比例
L	0.031	0.67*	1.33	0.012	0.0008	0.043	0.0016	0.26	0.58		
M	0.021	0.06	3.21*	0.008	0.0012	0.041	0.0031	0.32	0.48		
N	0.014	0.02	1.26	0.151*	0.0013	0.026	0.0026	0.18	0.36		
O	0.022	0.06	1.43	0.014	0.0011	0.032	0.0041	0.005*	0.64		

*在本发明范围之外

表 2

试 验 号	钢 类 型	热 轧 条 件					冷 轧 → 退 火 条 件					备 注			
		加 热 温 度 (℃)	粗 轧 最 终 温 度 (℃)	精 轧 进 入 炉 温 度 (℃)	精 轧 温 度 (℃)	冷 却 速 度 (℃ / 秒)	卷 取 温 度 (℃)	热 轧 厚 度 → 冷 轧 厚 度 (mm)	退 火 温 度 (℃)	冷 却 速 度 (℃ / 秒)	完 成 冷 却 时 的 温 度 (℃)	保 温 时 间 (秒)	镀 覆 和 后 处 理	光 整 冷 轧 延 伸 率 (%)	
1	A	1220	1060	1020	840	30	550	4→0.65	880	10	520	30	热浸镀 → 合金化	0.4	本 发 明
2	A	1280	980	1020	880	40	500	4→0.7	860	15	500	20		0.6	
3	A	1240	1060	1020	880	20	600	1.2→ 热轧态	820	10	500	20		0.4	
4	A	1200	1040	1020	880	10	400	3.0→0.7	840	10	500	30	电 镀	0.2	
5	A	1220	1000	1040	900	15	550	4→0.7	860	60	350	120		0.4	
6	A	1260	980	1020	870	20	550	5→0.7	880	10	510	20	热浸镀	0.4	
7	A	1180	1000	1040	880	10	500	4→0.7	840	10	520	30		1.2	
8	A	1260	1060	1020	880	20	550	4→0.7	880	15	520	30	热浸镀 → 合金化	0.4	
9	B	1240	1030	1040	900	10	550	3.2→0.7	900	10	520	30		0.6	
10	C	1220	1060	1020	880	30	450	4→0.7	860	10	540	30		0.3	
11	D	1240	1040	1020	900	10	550	4→0.7	840	10	560	25		0.4	
12	E	1220	1080	1060	880	20	500	4.5→0.7	820	10	560	30		0	
13	F	1260	1060	1020	900	60	400	4→0.7	840	10	540	40		0.4	
14	G	1240	1040	1040	880	30	550	4→0.7	840	10	520	30		0.2	
15	H	1220	1030	1020	860	10	500	4→0.7	820	10	520	30		0.4	
16	I	1260	1060	1020	900	40	600	4→0.7	840	10	540	30		0.6	
17	J	1280	980	1030	900	10	500	4→0.7	860	15	540	30		0.4	
18	K	1260	1030	1020	910	10	550	4→0.7	820	10	520	20	电 镀	0.4	
19	L	1240	1040	1060	910	20	500	4→0.7	840	10	420	120		0.4	
20	M	1260	1020	1030	880	20	450	4→0.7	880	10	550	30	热浸镀 → 合金化	0.4	
21	N	1220	1060	1040	900	10	500	4→0.7	840	10	540	30		0.4	
22	O	1240	1030	1020	910	10	500	4→0.7	820	10	520	30		0.4	

表 3

试 验 号	钢 类 型	金属组织		拉伸性能								时效后			备 注
		残余 奥氏体 (%)	主要 组织 *	YP (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	YPE (%)	YP/TS **	r-值	WH (MPa)	BH (MPa)	YP (MPa)	EL 降低 (%)	YPE (%)	
1	A	4	F+M	226	443	32.3	0	0.51	1.6	72	62	228	0	0	本 发 明
2	A	4	F+M	224	446	32.8	0	0.50	1.3	76	64	225	0	0	
3	A	3	F+M	218	443	34.6	0	0.49	1.4	73	61	220	0	0	
4	A	1	F+M	216	451	32.2	0	0.48	1.4	76	63	218	0	0	
5	A	7	F+B	242	448	31.6	0	0.54	1.3	74	66	245	1	0	
6	A	4	F+M	228	462	32.6	0	0.49	1.3	72	64	230	0	0	
7	A	3	F+M	232	446	33.1	0	0.52	1.2	71	62	234	0	0	
8	A	4	F+M	224	451	32.6	0	0.50	1.3	72	60	229	0	0	
9	B	3	F+M	236	461	32.4	0	0.51	1.3	73	61	238	0	0	
10	C	4	F+M	224	448	33.1	0	0.50	1.4	72	62	224	0	0	
11	D	4	F+M	241	449	33.4	0	0.54	1.4	71	63	243	0	0	对 比 例
12	E	4	F+M	286	503	30.1	0	0.57	1.3	74	62	288	0	0	
13	F	3	F+M	226	453	34.2	0	0.50	1.3	73	61	229	0	0	
14	G	4	F+M	234	451	33.6	0	0.52	1.4	76	60	239	1	0.1	
15	H	4	F+M	226	449	33.2	0	0.50	1.4	77	61	228	0	0	
16	I	4	F+M	241	443	33.1	0	0.54	1.3	76	64	246	0	0	
17	J	4	F+M	226	446	33.4	0	0.51	1.3	72	61	229	0	0	
18	K	4	F+M	323	546	27.5	0	0.59	1.4	73	62	229	0	0	
19	L	11	F+M	321	542	28.6	0	0.59	1.2	72	54	336	3	0.4	
20	M	4	F+M	315	526	27.3	0	0.60	1.1	72	61	324	1	0	
21	N	2	F+M	236	510	27.6	0	0.46	1.1	71	60	241	0	0.1	
22	O	0	F+M	306	462	28.6	0	0.66	1.1	28	63	312	1	0.1	

* F: 铁素体; B: 贝氏体; M: 马氏体; P: 珠光体; C: 渗碳体

** 屈服比

对比例 1

使用表 1 中钢 A 重复实施例 1，但不同的是使用表 4 所示生产条件。结果示于表 5。

这些比较例表明所述钢具有高的 YPE 值，WH 量小。此外，它们还显示因应变时效所述钢的延伸率下降很多，并可观察到 YPE。

表 4

试 验 号	钢 类 型	热 轧 条 件						冷 轧 → 退 火 条 件						光整冷 轧延伸 率 (%)
		加热 温度 (℃)	粗轧最 终温度 (℃)	精轧进 入侧温 度 (℃)	精轧 温度 (℃)	冷却 速度 (℃ / 秒)	卷取 温度 (℃)	热轧厚 度 → 冷 轧厚度 (mm)	退火 温度 (℃)	冷却 速度 (℃ / 秒)	完成冷 却时的 温度 (℃)	保温 时间 (秒)	镀覆 和后 处理	
1	A	1220	940	1020	720	10	550	4→0.7	860	15	520	30	热浸镀 → 合金化	0.4
2	A	1240	1060	1020	880	1	500	4→0.7	860	10	540	30		0.4
3	A	1220	980	1040	880	10	780	4→0.7	840	10	560	20		0.4
4	A	1240	1000	1040	880	20	550	4→0.7	690	15	550	30		0.4
5	A	1220	1060	1020	860	10	550	4→0.7	840	1	540	30		0.4
6	A	1240	1040	1020	880	15	550	4→0.7	880	10	640	30		0.4
7	A	1220	1020	1040	920	10	500	4→0.7	790	10	—	—		0.4

表 5

试验号	钢类型	拉伸性能								时效后		
		YP (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	YPE (%)	YP/TS **	r-值	WH (MPa)	BH (MPa)	YP (MPa)	EL 降低 (%)	YPE (%)
1	A	302	432	29.4	0.1	0.70	0.9	27	54	316	1	0.2
2	A	346	441	28.6	0.1	0.78	0.9	27	29	365	3	0.6
3	A	354	446	28.9	0.1	0.79	0.9	26	28	369	4	0.4
4	A	367	486	28.4	0.6	0.76	0.9	28	28	382	3	0.6
5	A	361	451	28.6	0.6	0.80	1.0	29	29	386	3	0.4
6	A	301	446	29.2	0	0.67	1.0	28	61	311	1	0
7	A	226	447	30.1	0	0.51	1.4	60	61	226	1	0.1

实施例 2

使用表 6 所示钢组成，重复实施例 1。

该实施例中，在加热到 860℃ 后，以 45g/m² 的量对冷轧薄钢板镀锌。镀锌后，进行镀层扩散退火（合金化）。对所得薄钢板评价拉伸性能和 BH。还评价了 50℃ 下加速时效 3 天的性能。

结果示于表 7。

表 6

钢 类型	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Mo	Cr	Ti	Nb	B
A 1	0.0020	0.01	2.45	0.021	0.001	0.050	0.0035	0.05	—	—	0.035	—
A 2	0.0034	0.01	2.22	0.016	0.003	0.021	0.0025	0.06	0.02	—	—	—
A 3	0.0031	0.02	2.01	0.017	0.006	0.023	0.0028	0.03	0.03	0.053	—	—
A 4	0.0031	0.12	1.82	0.018	0.002	0.035	0.0033	0.10	—	—	—	—
A 5	0.0057	0.01	1.52	0.013	0.001	0.033	0.0064	0.20	0.28	0.040	—	0.0009
A 6	0.0089	0.01	1.61	0.015	0.002	0.038	0.0035	0.20	0.30	—	—	0.0012

表 7

试 验号	钢 类型	拉伸性能					BH 性能	时效后性能		
		YP (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	YPE (%)	r-值	BH (MPa)	ΔYS (MPa)	ΔYPE (%)	ΔEI (%)
1	A 1	213	421	39.3	0.0	1.53	81	2	0.0	0.0
2	A 2	193	405	40.1	0.0	1.48	93	1	0.0	0.0
3	A 3	161	354	44.5	0.0	1.74	84	2	0.0	-0.1
4	A 4	164	359	43.7	0.0	1.51	89	3	0.0	-0.2
5	A 5	186	372	42.5	0.0	1.69	106	1	0.0	-0.3
6	A 6	238	403	40.3	0.0	1.53	61	1	0.0	-0.2

从上面可以看出，根据本发明的高强度镀锌薄钢板具有现有技术中不存在的改进的可加工性即压制成型性，和优异的保型性和耐冲击性。所以，它可以使汽车外部用的车身外板和其它部件的厚度减小，从而明显降低成本和重量。